

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

02606714 **Image available**

OPTICAL MODULATOR

Pub. No.: 63-223614 [JP 63223614 A]

Published: September 19, 1988 (19880919)

Inventor: KUWAMURA YUJI

Applicant: NEC CORP [000423] (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

Application No.: 62-055168 [JP 8755168]

Filed: March 12, 1987 (19870312)

INTL CLASS: International Class: 4 J G02F-001/015; G02B-006/12; G02F-001/31

JAPIO Class: 29.2 (PRECISION INSTRUMENTS -- Optical Equipment)

Journal: Section: P, Section No. 814, Vol. 13, No. 19, Pg. 39, January 18, 1989 (19890118)

ABSTRACT

PURPOSE: To permit high-speed modulation without having the possibility of light crosstalks and to permit easy integration on the same substrate as the substrate of a light source by executing modulation of light by the light absorption by surface plasmon and polariton.

CONSTITUTION: A light guide system successively formed with a distribution feedback type semiconductor laser (DFB laser) 8, a light guide 9 and a quantum well guide 4 for optical modulation and a light guide system connected to a quantum well guide 4 for optical modulation and a light guide, 9' which are crossed at a prescribed angle 2.alpha. are formed on the semiconductor substrate 10. The light guides 9 and 9' constitute a V-shaped light guide 7. A LiF(sub 2) film is used as a medium 1, air as a medium 2, and a thin silver film as a thin silver film 3 having a negative dielectric constant. The media 1, 2 have the positive dielectric constants of smaller than the refractive indices of the semiconductor substrate. A modulation signal is impressed from a modulation signal source via electrodes 5, 5' to this modulator to change the refractive index in the region of the quantum structure and the incident wave is totally reflected by a light reflection surface 6, by which the modulation of the light is executed. Since the modulation is executed by the absorption of the light by the surface electromagnetic wave mode, there is no possibility of the crosstalks of the light and the high-speed modulation is possible; in addition, the easy integration on the same substrate as the substrate of the light source is possible.

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-223614

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和63年(1988)9月19日

G 02 F 1/015

G 02 B 6/12

G 02 F 1/31

C-8106-2H

H-8507-2H

A-7348-2H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 光変調器

⑯ 特 願 昭62-55168

⑰ 出 願 昭62(1987)3月12日

⑱ 発 明 者 桑 村 有 司 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内

⑲ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 岩佐 義幸

明 細 書

1. 発明の名称

光変調器

2. 特許請求の範囲

(1) 半導体基板上にV字型光導波路が形成され、前記V字型光導波路の交差部で一方の導波路から他方の導波路へ光を全反射する反射面を有し、前記反射面とそれぞれ平行に設けられ、少なくとも半導体基板より屈折率が小さい屈折率をもつ第1および第2の媒質と、これら第1および第2の媒質の間に挟まれ負の誘電率をもつ薄膜と、前記V字型導波路の交差部に変調信号を印加する手段とを備える光変調器。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は全反射減衰法を利用した光変調器に関する。

(従来技術)

社会機能の高度化、複雑化に伴い、情報通信は増大の一途をたどっている。光通信は、高度情報

化社会における大容量の通信網をささえる重要な技術として発展しつつある。この中で半導体レーザの直接変調は光通信システムの大容量化という観点から重要な課題であるが、チャージング等の問題などもあり、実用的には10GHz程度が上限とされている。そこで高速の光変調器や光交換を行うスイッチング素子が必要となる。

このような要求に基づいて半導体の量子井戸に電界を加えることによる量子井戸内の屈折率や光吸収率の変化を利用した外部光変調器が盛んに研究されている。量子井戸においては電界を印加することにより、その光吸収端が長波長にシフトすることに基づく吸収率の変化や、それに伴う屈折率の変化を利用したものである。通常のバルク結晶においてはこの効果は大きくないが、量子井戸においては量子井戸内部のポテンシャルの変化による量子準位の変化や励起子効果のため上記の光学定数の変化が顕著になる。このような効果を利用し、光源との集積化を考慮した光変調器としては、昭和61年度電子通信学会総合全国大会(春)

講演論文集 S-12(p4-329)山本らにより量子井戸構造の電界印加に伴う屈折率変化を用いた交差型光スイッチが提案されている。

この光変調器は、第5図に示すような交差型の導波路 A、A'、B、B' からなり交差領域に量子井戸構造を利用している。以下、この光変調器の原理について簡単に説明する。今、電極25に電圧が印加されていない時 ($V_0 = 0$)、DFBレーザ26より出射され導波路 A を導波してきた入射波 1。27は、電極25の領域で屈折率の変化がないので、そのエネルギーの大部分は直進し、導波路 A' 21へと進む。ところが、量子井戸 (MQW) 層に形成された電極25に電圧 V_0 ($V_0 > V_{th}$) の電界を印加すると、電極の領域の屈折率が減少し、その屈折率差により入射光の一部が反射され導波路 B' 22へ進む。ここで導波路の交差領域に量子井戸層を利用しているのは、この屈折率変化の効果を大きくするためである。しかし、効率のよい変調を得るためには導波路 A' と B' との交差角 θ および屈折率変化 Δn が、

$$Q/2 < \arccos((n_0 - \Delta n)/n_0) \quad (1)$$

の条件を満足する必要がある、その時導波路 A 20からの入射波 1。27は、電極領域により全反射され導波路 B' 22へ進むことになる。ここで (1) 式は異なった屈折率を有する2種類の媒質の界面で高屈折率の媒質から低屈折率の媒質へ光が進む時、光が全反射される臨界角をみたす条件である。以上の原理により光の変調及びスイッチングを実現しようとするものである。

(発明が解決しようとする問題点)

しかし、上記の光変調器において、効率のよい変調を得るためには、(1) 式の条件を満足する必要がある。量子井戸構造における屈折率変化 $\Delta n/n_0$ は数%程度であるため、導波路 A' と B' の交差角 θ を10度前後の浅い角度で交差させなければならない、電界を印加しない場合、導波路 A から B' への光のクロストークが存在するなどの欠点がある。

本発明の目的は、従来型光変調器と異なった原理により動作し、光のクロストークの心配がなく、

高速変調可能で、しかも容易に光源と同一基板上に集積化することができる光変調器を提供することにある。

(問題点を解決するための手段)

本発明の光変調器は、半導体基板上に V 字型光導波路が形成され、前記 V 字型光導波路の交差部で一方の導波路から他方の導波路へ光を全反射する反射面を有し、前記反射面とそれぞれ平行に設けられ、少なくとも半導体基板より屈折率が小さい屈折率をもつ第1および第2の媒質と、これら第1および第2の媒質の間に挟まれ負の誘電率をもつ薄膜と、前記 V 字型導波路の交差部に変調信号を印加する手段とを備えている。

(作用)

次に本発明の作用を図面を用いて説明する。本発明は、金属膜の表面などに励起する表面プラズモンポラリトンによる光吸収により光の変調を行うものである。表面プラズモンポラリトンとは、金属薄膜のプラズマ振動と電磁波との相互作用により励起する一種の表面電磁波モード (Surface

Plasmon ; 以下 SP と略す) である。

そこでまず最初に、従来からある SP の励起法を例にとり、本発明の作用について説明する。今、第3図に示すように屈折率が n_1 のプリズム 11、屈折率 n_1 が正の第1の媒質 I 1、誘電率 ϵ_1 が負である薄膜 3、屈折率 n_2 が正の第2の媒質 II 2 より構成されている媒質構造を考える。なお、媒質 I または媒質 II は液体、気体、固体いずれの状態でもよい。ここで各媒質 I、II の誘電率は、 $n_1^2 > n_2^2 \sim n_3^2 > \epsilon_1$ の関係をみたす。そこで今、第3図に示すようにプリズム 11 の内部から TM 偏光の光がプリズム底面に対して α の入射角で入射する時を考える。この時、光の入射角 α が光の全反射条件を満たしているとする、媒質 I 中にはエバネッセント波が伝播し、その境界面に平行な波数ベクトル k_{11} は

$$k_{11} = \frac{\omega}{c} n_1 \sin \alpha \quad (2)$$

で与えられる。このエバネッセント波の波数ベクトルが金属膜の SP の波数ベクトルと一致した時、

相互作用が生じてSPが励振される。この時、光のエネルギーは金属膜に平行に伝播されるため、プリズム底面からの反射光は0となる。一方(2)式の波数ベクトル k_{11} がSPの波数ベクトルと一致しない時は、プリズム底面で光は全反射される。

第4図は入射光のプリズム底面に平行な波数ベクトル k_{11} と光のプリズム底面反射率との関係を模式的に示した図である。上に述べた現象を利用して光変調器を構成するには、外部信号により(2)式の屈折率 n_p を変化させる機構を形成すればよい。つまり第4図のa点になる条件に素子構造を形成しておき、外部信号により屈折率 n_p を Δn だけ変化させることで素子の動作点を第4図のb点に移動すると光の変調が可能となる。

そこで本発明の光変調器を構成するには、

- (1) プリズムを半導体基板に置き換え、
- (2) プリズム内での光線の軌跡をV字型光導波路に置き換え、
- (3) プリズム底面をV字型光導波路の一方の導波路から他方の導波路へ光を反射させる光反射

基板をへき開する。その後、p側及びn側電極5、5'の一部及びへき開面上に第2図(c)に示すようにLiF膜1を4000Å形成した後、へき開面にのみ銀薄膜3を200Å形成することで、第1図の光変調器が実現できる。なお第1図(a)において、光導波路9と9'とはV字型光導波路7を構成している。また、第1図(b)には、量子井戸導波路4のpin構造を構成するp型半導体4'、量子井戸(i層)4、n型半導体4''を示している。以上のように本実施例の光変調器は、第3図との対応において、媒質1としてLiF膜を、媒質2として空気を、負の誘電率をもつ薄膜3としては銀薄膜を用いている。

本実施例の光変調器では、変調信号源12から電極5、5'を介して変調信号を印加し、量子井戸構造の領域の屈折率を変化させ、光反射面6で入射波を全反射させることにより、光の変調が行われる。

上記実施例では、媒質1としてLiF膜、媒質2として空気、負の誘電率をもつ薄膜3として

面に置き換え、

n。の十分な屈折率変化を得るためにV字型光導波路の交差領域を量子井戸構造とすれば、本発明の光変調器が構成できる。

(実施例)

次に本発明の実施例を図面により説明する。

第1図は本発明の一実施例を示す平面図で、第2図はその製造工程を簡単に示した図である。まず第2図を参照して、第1図の光変調器の製造工程を説明する。

第2図(a)に示すように分布帰還型半導体レーザー(DFBレーザー)8、光導波路9、光変調用量子井戸導波路4と順次形成されている光導波路系と所定の角度 2α で交差した光変調用量子井戸導波路4、光導波路9'へと接続されている光導波路系を半導体基板10上に形成する。この時、少なくとも光変調用量子井戸導波路4はpin構造となっており、量子井戸層はi層である。次に量子井戸導波路領域にp側電極5及びn側電極5'を形成し、第2図(b)のA-A'にそって半導体

は銀薄膜を用いたが、これに限定されるものではなく、媒質1、2は半導体基板より屈折率の小さい正の誘電率を有し、薄膜は負の誘電率をもつものであればいかなる材料であってもよい。また各媒質の最適膜厚は使用する材料に大きく依存する。また上記実施例においては屈折率変化を大きくするために量子井戸構造を採用したが、もちろんこれに限るものではなくプリズム効果や電界光学効果を利用して構成しても何らさしつかえない。

(発明の効果)

本発明の光変調器は、SPによる光の吸収により変調を行うため光のクロストークの心配がなく、高速変調可能で、しかも容易に光源と同一基板上に集積化することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例を示す図であり、第1図(a)は本発明の一実施例の全反射減衰法を利用した光変調器の構造を示す図、第1図(b)は第1図(a)の0-0'において切断した時の断面図、

第2図は第1図の実施例の製造方法を説明するための工程図であり、第2図(a)および(b)は製造途中の平面図、第2図(c)は第2図(b)のB-B'線断面図、

第3図は従来の全反射減衰実験を行うための構成図、

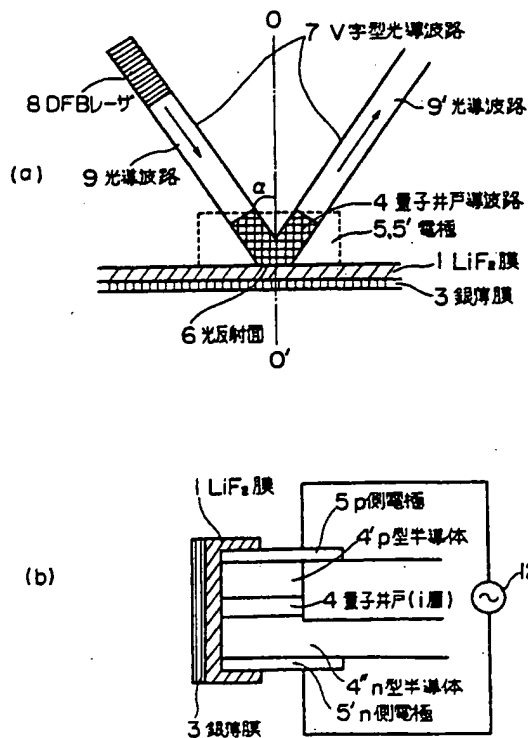
第4図は一定周波数での入射光のプリズム底面に平行な波数ベクトルの変化とプリズム底面での光の反射率との関係を示した特性曲線図、

第5図は従来型の電界効果全反射型多重量子井戸光変調器の構成図である。

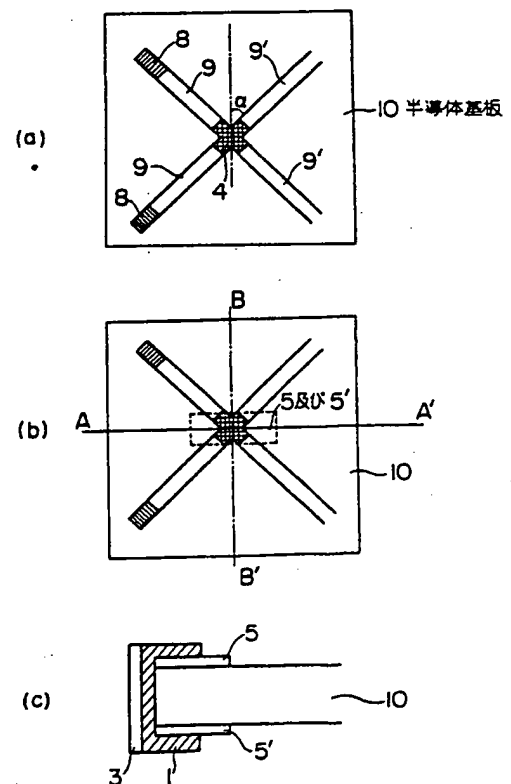
- 1 半導体より小さな屈折率を有する
媒質 I (LiF₂ 膜)
- 2 半導体より小さな屈折率を有する
媒質 II
- 3 負の誘電率をもつ薄膜 (銀薄膜)
- 4 量子井戸導波路
- 5, 5' . . . 電極
- 6 光反射面
- 7 V字型光導波路

- 8 分布帰還型半導体レーザー
- 9, 9' . . . 光導波路
- 10 半導体基板
- 11 プリズム
- 12 変調信号源
- 20 光導波路 A
- 21 光導波路 A'
- 22 光導波路 B
- 23 光導波路 B'
- 24 量子井戸構造
- 25 電極

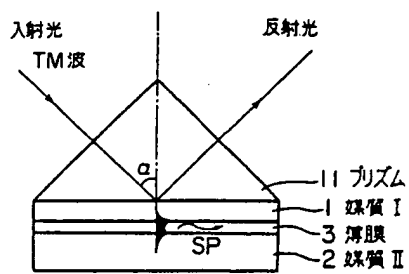
代理人 弁理士 岩佐 義幸



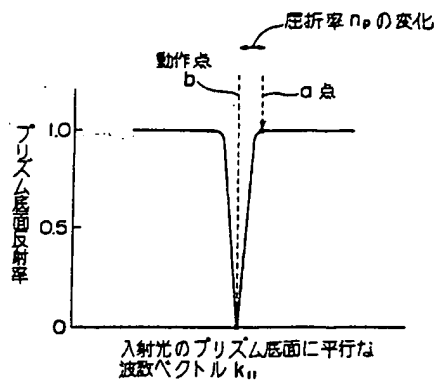
第1図



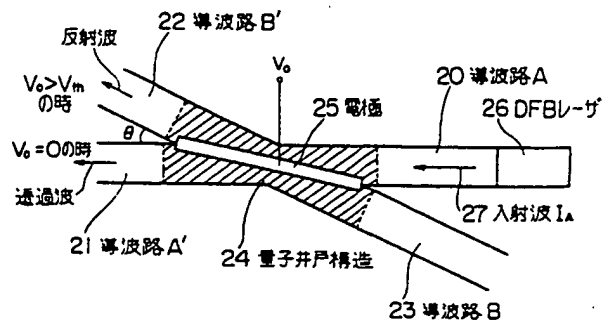
第2図



第3図



第4図



第5図